

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 0350—2023

船载海陆地形地貌一体化调查技术要求

Technical requirement for terrain and topography integration
survey of land-ocean transitional zone

2023-07-11 发布

2023-09-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 目的	2
4.2 船载一体化调查系统组成	2
4.3 船载一体化调查内容	2
4.4 采用基准	2
4.5 时间系统	2
4.6 测量要求	3
4.7 质量要求	3
5 技术设计	4
5.1 技术设计依据	4
5.2 项目设计	4
5.3 专业设计	4
5.4 调查实施计划	5
6 调查实施	5
6.1 测前准备	5
6.2 外业采集	7
7 成果制作及质量检查	7
7.1 预处理内容	7
7.2 点云坐标计算	8
7.3 投影转换	8
7.4 垂直基准转换	8
7.5 点云编辑	8
7.6 点云分类	8
7.7 数字高程模型制作	9
7.8 质量检查	9
8 资料整理与归档	10
8.1 归档要求	10
8.2 归档内容	10
附录 A (资料性) 系统检校方法	11

A.1 概述	11
A.2 室内粗检校	11
A.3 室外精检校	12
附录B (规范性) 船载海陆地形地貌一体化调查班报	13
附录C (资料性) 测点的位置归算	18
C.1 相关坐标系的定义	18
C.2 传感器坐标系到载体坐标系的转换	19
C.3 载体坐标系到当地水平坐标系的转换	19
C.4 当地水平坐标系到大地坐标系的转换	20
参考文献	22

前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本文件起草单位：山东科技大学、自然资源部第二海洋研究所、交通运输部天津水运工程科学研究院、青岛秀山移动测量有限公司。

本文件主要起草人：阳凡林、石波、吴白银、杨鲲、李国玉、卢秀山、李守军、尚继宏、隋海琛、亓超、赵获能、崔晓东、李丁硕。

船载海陆地形地貌一体化调查技术要求

1 范围

本文件确立了船载海陆地形地貌一体化调查的总则，规定了技术设计、调查实施、成果制作及质量检查和资料整理与归档等方面的技术要求。

本文件适用于1:500~1:2000船载海陆过渡带区域地形地貌一体化调查，其他性质的海陆地形地貌调查工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T12763.2—2007 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测
- GB/T 12898—2009 国家三、四等水准测量规范
- GB/T 17501—2017 海洋工程地形测量规范
- CH/T 8023—2011 机载激光雷达数据处理技术规范
- CH/T9008.2—2010 基础地理信息数字成果1:500、1:1000、1:2000数字高程模型

3 术语和定义

CH/T8023—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海陆过渡带 land-ocean transitional zone

受潮汐涨落海水影响的潮间带及其两侧一定范围的陆地和浅海。

注：一般不超过1 km。

3.2

垂直基准 vertical datum

地理空间信息在垂直方向的起算面或参考基准面。

注：包含高程基准、深度基准和其他垂直方向的参考基准，本文件涉及高程基准和深度基准。

3.3

组合定位定姿系统 integrated positioning and orientation system;integrated POS

利用全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)和惯性导航系统(Inertial Navigation System,INS)直接确定传感器空间位置和姿态的组合系统。

3.4

船载一体化调查系统 integrated shipborne survey system

以水面船只(含无人船)等为载体，通过一体化集成激光扫描仪、多波束测深仪、组合定位定姿系统等多种传感器，进行海陆过渡带地形地貌调查的系统。

3.5

点云 point cloud

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

[来源: CH/T 8023—2011, 3.3]

3.6

工业测量系统 industrial measuring system

利用高精度电子经纬仪,对物面上的测点按一定程序进行方位和距离测量,并利用数据处理后给出的点云形成被测物形状或数学模型的测量系统。

4 总则

4.1 目的

统一船载海陆地形地貌一体化调查技术要求,保证测量成果的质量可靠性和数据适用性,保证测量工作的安全性,降低测量项目的经济风险性。

4.2 船载一体化调查系统组成

4.2.1 主要设备

主要包括激光扫描仪、多波束测深仪、组合定位定姿系统等。

4.2.2 辅助设备

主要包括声速剖面仪、表层声速仪、验潮仪等。

4.3 船载一体化调查内容

主要包括海陆过渡带地形地貌测绘、平面和高程控制测量、水位测量等。

4.4 采用基准

4.4.1 平面坐标系

采用2000国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000,CGCS 2000)。采用其他坐标系时,需与CGCS 2000建立转换关系。

4.4.2 高程基准

采用1985国家高程基准。采用其他独立的高程基准时,需与1985国家高程基准建立转换关系。

4.4.3 深度基准

采用与海图深度基准面一致的理论最低潮面。采用其他深度基准时,需与海图深度基准面建立转换关系。

4.4.4 投影方式

采用高斯-克吕格3°分带。根据工程要求,可自定义更小分带的投影。

4.5 时间系统

采用北京时间和世界协调时(Universal Time Coordinated,UTC)。当采用其他时间系统时,需建立与北京时间和UTC的换算关系。

4.6 测量要求

4.6.1 GNSS 卫星状态要求

GNSS 系统采用差分定位模式输出导航信息，截止高度角 15° 以上的卫星数目不少于5颗，点位精度因子(Position Dilution of Precision,PDOP)值不大于4。

4.6.2 系统检校参数要求

正式作业前需进行轴向旋转角(横摇、纵倾、艏向)偏差以及各个传感器位置偏移量检校。

水上部分：轴向旋转角偏差要优于 0.02° ，偏移量要优于0.005 m。水下部分：轴向旋转角偏差要优于 0.05° ，偏移量偏差要优于0.010 m。

4.6.3 测区覆盖要求

保证全覆盖测量，相邻测幅的重叠率不小于20%，必要时可分别在高潮和低潮时进行外业采集。

4.6.4 调查海况要求

调查作业海况小于四级，海况等级表见 GB/T12763.2—2007 中8.2.1.2 的规定。

4.6.5 调查船舶要求

海陆地形地貌一体化调查作业以水面船只(含无人船)为载体，满足如下要求：

- a) 调查作业船只为木制或钢制，易于传感器等的安装，船体长度宜不小于3 m，船体吃水深度不大于1 m；
- b) 有调查所需电源；
- c) 可在不同航速下连续作业；
- d) 有保证航行安全的航海安全系统、消防系统和通信系统，保证航行安全；
- e) 水面船只的船长及船员具有相应职位的资质证书，熟悉本职业务，明确调查任务对船舶的作业要求，配合调查人员完成调查任务；
- f) 无人船驾驶员具有相应资质证书，明确调查任务对船舶的作业要求，配合调查人员完成调查任务；
- g) 调查船舶上的设备处于良好状态。

4.7 质量要求

4.7.1 高程精度

水位站的工作水准点、水尺零点和海岸地形测量的高程控制精度不低于GB/T 12898—2009 中4.2 规定的四等水准测量精度。

4.7.2 水位改正精度

水位改正精度满足 GB/T 17501—2017 中9.5.5.2的规定。

4.7.3 成果质量要求

4.7.3.1 点云质量要求及高程不符值限差

为系统地确定船载海陆地形地貌一体化调查的点云质量及高程不符值限差，将其分为水上激光、水下多波束点云精度两部分描述，具体要求见表1。对有特殊要求的海陆地形地貌一体化调查，以工程项目设计书中具体要求的点云精度为准。

表 1 点云质量要求及高程不符值限差表

点云	比例尺	点云平面精度 m	点云密度 点 / m ²	高程不符值限差 m
水上激光	1:500	0.2	≥5.0	0.3
	1:1000	0.4	≥2.5	0.4
	1:2000	0.8	≥1.5	0.8
水下多波束	1:500	0.2	≥4.0	0.3
	1:1000	0.4	≥2.0	0.4
	1:2000	0.8	≥1.0	0.5

注：点云平面精度指的是点云平面中误差。

4.7.3.2 数字高程模型质量要求

数字高程模型的制作质量符合CH/T9008.2—2010 中第6章的规定，具体要求见表2。在特殊困难地区，格网间距可放宽2倍，高程中误差放宽0.5倍。

表 2 数字高程模型质量要求

比例尺	格网间距 m	高程中误差 m
1:500	0.5	0.4
1:1000	1.0	0.6
1:2000	1.5	0.8

5 技术设计

5.1 技术设计依据

技术设计主要依据是任务书、合同，有关的法规、规范和技术标准，以及现场踏勘、技术装备情况。

5.2 项目设计

项目设计的主要内容为：

- a) 确定测区范围、测图比例尺和划分图幅；
- b) 明确实施测量工作中的主要技术方法和措施；
- c) 编写项目设计书；
- d) 绘制相关图件。

5.3 专业设计

5.3.1 测区资料收集与分析

应全面系统地对测区进行资料收集，对所收集资料的可靠性和精确性进行分析，并对资料能否采用做出判断。具体收集测区材料如下：

- a) 测区概况、人文自然地理资料等信息；
- b) 测区水文气象、水位站资料等信息；
- c) 测区及周边各种比例尺的地形图及相关成果，如数字高程模型、正射影像图、地形图、行政区划图、交通图等；
- d) 已知平面控制点、水准点及其说明；
- e) 其他与测量有关的资料。

5.3.2 专业设计内容

5.3.2.1 平面控制

根据测量精度、测区已知点情况及测图比例尺，选择平面控制测量的方法及所要达到的精度。

5.3.2.2 高程控制

根据测量精度、测区已知水准点，确定其至待测高程控制点或水位点的施测方法及所要达到的精度。

5.3.2.3 船载海陆地形地貌一体化测量

船载海陆地形地貌一体化测量设计中应遵循以下内容：

- a) 根据需要，结合现场踏勘情况，选择合适的测量船和测量仪器；
- b) 确定船载海陆地形地貌一体化系统的检校方法；
- c) 根据测图比例尺、已知资料等深线的走向、公共覆盖率等确定测线布设方案；
- d) 确定水位站的位置和水位改正方案，若一体化成果点云的高程采用1985国家高程基准或工程要求的国家高程基准，且已知测区的垂直基准转换模型，可不进行水位测量；
- e) 根据需要，确定平面坐标和垂直基准转换方案。

5.4 调查实施计划

确定外业实施计划应考虑如下因素：

- a) 调查实施时间；
- b) 主要仪器的检校与装配；
- c) 调查人员的选定及分工；
- d) 交通工具及测量船；
- e) 按项目设计书要求，进行技术准备工作；
- f) 调查实施期间的质量控制措施与安全应急预案。

6 调查实施

6.1 测前准备

6.1.1 测线布设

6.1.1.1 主测线布设

在保证安全的情况下，利用现有最新版海图等资料，根据海陆过渡带的具体地形沿海岸对主测线进行布设。应按以下要求进行主测线布设：

- a) 采用平行于地形走向布设；

- b) 保证全覆盖测量，相邻测幅的重叠率不小于20%，必要时可分别在高潮和低潮时进行外业采集；
- c) 在地形起伏较大的海陆过渡带区域，加密测线，加密程度以能完善地反映海陆地形地貌变化为原则。

6.1.1.2 检查线布设

应按以下要求进行检查线布设：

- a) 检查线垂直于主测线；
- b) 分布均匀，确保能普遍检查主测线；
- c) 检查线的长度不小于主测线总长的5%；
- d) 检查线覆盖一些特征地物。

6.1.2 系统检校

正式测量开始前应对船载一体化系统进行系统检校。获得激光扫描仪光学中心、多波束测深仪声学中心、GNSS 天线相位中心到惯性导航系统(Inertial Navigation System,INS)中心的偏移量以及轴向旋转角偏差误差。应按以下要求进行系统检校：

- a) 各检校参数每年度至少检校一次；
- b) 当系统中各个传感器有更换或相对位置关系发生变化时，重新检校；
- c) 室外精检校参照6.2.1的规定进行，具体可参照附录 A 中的系统检校方法执行检校。

6.1.3 仪器安装

应按以下要求进行仪器安装：

- a) 船载一体化系统水下部分按照GB/T17501—2017 中9.2.6.4的规定执行；
- b) 船载一体化系统水上部分激光扫描仪与组合定位定姿系统按系统检校时的相对位置关系安装；
- c) 确保各部件的固连，保证各传感器间的空间关系保持不变；
- d) 保证各传感器所有连接线连通；
- e) 仪器安装完成后，要进行水下多波束换能器吃水测量，并填写记录表，模板见附录 B 中的表 B.1:

6.1.4 基准站架设

6.1.4.1 选点

选点应符合 GB/T 17501—2017 中第6章的规定。若测区附近无已知控制点，应利用周边已知控制点进行联测。

6.1.4.2 仪器准备

仪器包括三脚架、基座、GNSS 天线与接收机、钢尺等。

6.1.4.3 基准站架设技术要求

基准站架设满足如下技术要求：

- a) 基准站宜选在测区相对较高的位置，以保证差分信号覆盖整个测区；
- b) 基准站应架设稳固，保证整个调查实施过程的定位数据的准确性，当长期使用时，宜埋设有

强制对中的观测墩；

- c) 应填写基准站架设记录表，模板见表 B.2。

6.2 外业采集

6.2.1 地形地貌数据采集

船载海陆地形地貌一体化调查数据采集步骤如下：

- a) 依次对组合定位定姿系统设备、激光扫描仪、多波束测深仪进行开机操作，各传感器数据应使用统一时间系统记录；
- b) 打开数据采集软件，通过软件监控端界面配置多波束测深仪、激光扫描仪和组合定位定姿系统设备；
- c) 依次进行惯性导航系统对准设置、激光扫描仪参数设置和多波束测深仪参数设置；
- d) 设置完成后，对惯性导航系统进行初始化，初始化完成应以惯性导航系统的初始对准完成指令为准(初始化时间宜为10 min~15 min)；
- e) 激光扫描仪和多波束测深仪开始采集数据，根据所布设测线完成测区的水上水下一体化地形地貌数据采集工作，以此来获取GNSS/INS 数据、激光扫描仪测距数据和多波束测深仪测深数据，并应做好班报记录，班报模板见表B.3；
- f) 数据采集完成后，应继续采集10 min 组合定位定姿系统的数据，然后断开连接；
- g) 导出各个传感器的数据，并将多波束测深仪、激光扫描仪、组合定位定姿系统等设备进行关机操作。

6.2.2 辅助数据采集

6.2.2.1 水位测量

水位测量应按照GB/T17501—2017 中9.1.9的规定执行，做好测量记录，记录模板见表B.4。

6.2.2.2 声速剖面测量

声速剖面测量除应按照GB/T17501—2017 中9.2.6.6的规定执行之外，还应满足以下要求：

- a) 声速剖面测量点均匀分布于测区；
- b) 当测区存在入河口、湾口等声速不稳定区域，加密测量声速剖面；
- c) 声速剖面测量记录表见表 B.5。

7 成果制作及质量检查

7.1 预处理内容

7.1.1 粗差剔除

对多波束测深仪、激光扫描仪、组合定位定姿数据进行质量检查，剔除由仪器、环境或者人为操作失误等原因而产生的粗差。

7.1.2 数据整理

应建立数据存储逐级文件夹索引规范、不同传感器和不同分级产品的命名规范和相关说明文档的书写内容规范。将不同传感器的数据转化到成图及其他软件能够匹配识别的格式。

7.1.3 数据检查

在点云位置计算之前，应检查投影参数、椭球体参数、坐标转换参数、系统检校参数、声速剖面数据、水位数据等相关数据的准确性。若因某个或多个传感器故障导致数据出现问题，应进行补测或者重测。

7.2 点云坐标计算

7.2.1 水上点云坐标计算

7.2.1.1 数据融合

通过与组合定位定姿数据、激光扫描仪与INS之间的安置参数、检校参数进行融合解算，得到激光扫描仪坐标系下点云的坐标。

7.2.1.2 激光点的位置归算

应将激光扫描仪坐标系下激光点坐标归算到CGCS 2000,具体转换过程可参照附录C执行。

7.2.2 水下点云坐标计算

7.2.2.1 数据融合

通过与组合定位定姿数据、多波束换能器与INS的安置参数、检校参数进行融合解算，以得到测深传感器坐标系下点云的坐标。

7.2.2.2 测深点的位置归算

应将测深传感器坐标系下测深点坐标归算到CGCS 2000,具体转换过程可参照附录C执行。

7.3 投影转换

将CGCS 2000下的一体化点云的大地坐标投影到高斯平面直角坐标系上。

7.4 垂直基准转换

根据工程需求，如需得到高程基准(深度基准)下的成果，应按照如下要求执行相应的垂直基准转换：

- a) 若已知测区的垂直基准转换模型，船载一体化调查可采用CGCS2000参考椭球面作为(区域)海陆统一垂直基准面，通过垂直基准转换模型将基准转换到1985国家高程基准或工程要求的地方高程基准，以确保海陆高程数据的垂直基准统一；
- b) 若无测区的垂直基准转换模型，在测区布设适当数量的临时水位站，根据水位站的垂直基准转换关系和水位计算模型进行垂直基准转换，具体按照GB/T 17501—2017中9.5.5.2的规定执行。

7.5 点云编辑

点云数据中存在异常点、孤立点时，应采用人机交互或者自动滤波的方式进行编辑。

7.6 点云分类

制作海陆过渡带数字高程模型应将点云中的地面(海底)点与非地面(非海底)点分离，采用自动分类或人工交互的方式进行分类。

7.7 数字高程模型制作

7.7.1 地面点和海底点数据处理要求

7.7.1.1 数据空白区处理要求

针对地面和海底空白区域数据的处理要求如下：

- a) 对于非地面点和非海底点的无数据区域，根据数据实际情况设置较大的格网距离来制作数字高程模型，保证插值结果反映完整地形，不应出现插值漏洞；
- b) 为保证地形细节完整，对不满足要求的区域(如地物遮蔽严重区域)，插值后影响数字高程模型精度，在条件允许的情况下，宜进行实地补测三维空间信息。

7.7.1.2 特殊地物数据处理要求

堤坝、海底隧道、码头等水上水下相连接的构筑物，应保留其点云数据。

7.7.2 数字高程模型生成

点云中所有地面点和海底点均作为特征点进行数字高程模型构建。根据实际情况，可选择带有高程信息的码头、海岸线、海底特殊地物(如沉船、古城遗迹等)等参与数字高程模型生成。数字高程模型成果的生成应按照CH/T9008.2—2010 中第6章的规定执行。

7.8 质量检查

7.8.1 检查方法

7.8.1.1 点云

水上水下点云数据的检查方法主要包括：

- a) 利用所布设主测线与检查线，实现对海底特征地形局部测量点的重复观测，计算出主测线与检查线交叉点高程/深度不符值及中误差，并进行统计分析；
- b) 若已采集高潮和低潮时的地形地貌外业数据，应计算并检查高潮和低潮时所分别采集的特征地形的点云质量及高程不符值限差。

7.8.1.2 数字高程模型

通过三维透视及晕渲，检查数字高程模型的可靠性。对模型不连续、不光滑处应重新核实点云分类的可靠性。

7.8.2 检查内容

7.8.2.1 一体化点云

水上水下点云数据检查的主要内容包括：

- a) 点云坐标计算和垂直基准转换结果是否正确；
- b) 点云是否连续；
- c) 点云密度是否符合要求；
- d) 点云精度是否符合要求，水下多波束主测线与检查线交叉点高程/深度不符值是否满足4.7.3.1的要求；
- e) 点云分类是否正确。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/898072031052006067>